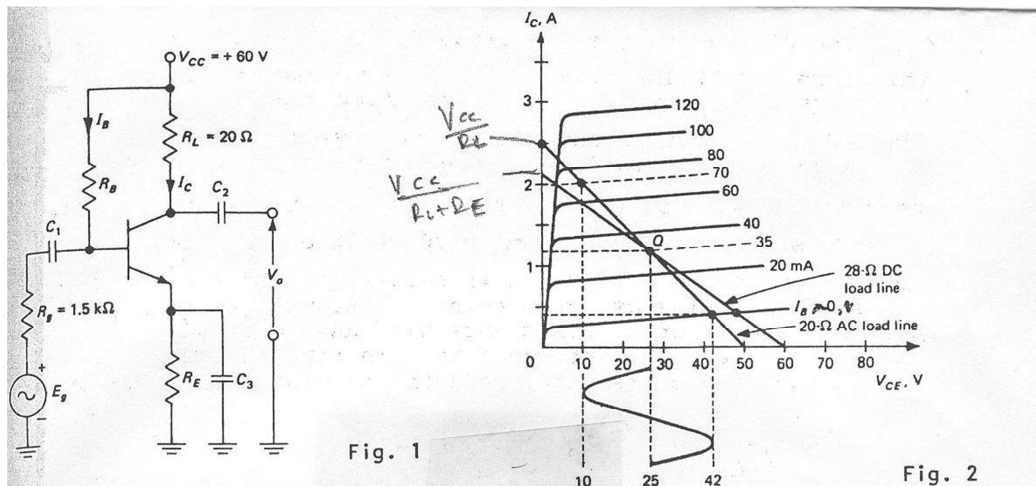


Άσκηση 1

Το κύκλωμα του Fig.1 χρησιμοποιεί τρανζίστορ Ge (αγνοείστε τη  $V_{be}$ ) και οι χαρακτηριστικές του δίδονται στο Fig.2. Να υπολογίσετε τις αντιστάσεις εκπομπού και συλλέκτη, έτσι ώστε να έχουμε σημείο λειτουργίας Q(25V, 1.25A). Επίσης να χαράξετε την DC γραμμή φόρτου και να υπολογίσετε την τιμή του πυκνωτή παράκαμψης εκπομπού ώστε να έχω κατώτερη συχνότητα αποκοπής 200HZ. Τέλος να υπολογίσετε τη μέγιστη ισχύ εξόδου, το συντελεστή αποδοτικότητας και την ισχύ που καταναλώνεται διαμέσου του φορτίου.

ΛΥΣΗ

Το Q Στη χαρακτηριστική αντιστοιχεί σε ρεύμα βάσης  $I_B \approx 35mA$  (Fig.2). Η πτώση τάσης πάνω στην  $R_L$ :  $V_{RL} = I_C R_L = 1.25mA \cdot 20\Omega = 25V$

Στο Q έχω  $V_{CE} = 25V$  οπότε το δυναμικό  $V_E$  είναι:

$$V_E = V_{CC} - V_{RL} - V_{CE} = 60V - 25V - 25V = 10V$$

Θεωρώντας  $I_E \approx I_C$  έχω  $R_E = V_E / I_C \approx 8\Omega$ .

Αυτό μας δίνει:

$$R_C + R_E = 20\Omega + 8\Omega = 28\Omega \text{ άρα μπορούμε να χαράξουμε την DC ευθεία φόρτου.}$$

DC ευθεία φόρτου για:

$$I_C = 0 \rightarrow V_{CE} = 60V$$

$$V_{CE} = 0 \rightarrow I_C = \frac{V_{CC}}{R_E + R_C} = 2,14mA$$

Εφόσον γνωρίζω  $I_B = 35mA$ , υπολογίζω  $R_B$ :

$$R_B = \frac{V_{BB}}{I_B}$$

Επίσης  $V_{RB} = V_{CC} - V_{BE} - V_E$

Όμως  $V_{BE} \approx 0$  (Γερμανίου)

$$\Rightarrow V_{RB} = 50V$$

$$\Rightarrow R_B = 1,43K\Omega$$

Για να επιτυγχάνεται επαρκής παρακάμψη της  $R_E$  από τον  $C_3$  πρέπει  $Z_{C3} \geq \frac{1}{10} R_E$

$$\Rightarrow \frac{1}{2\pi f C_3} = \frac{1}{10} R_E \Rightarrow C_3 \approx 1000\mu F$$

Η AC γραμμή φορτίου έχει κλίση  $-1/R_L$  αφού η  $R_E$  παρακάμπτεται (bypassed) από τον  $C_3$ . Έτσι τα όρια του σήματος εισόδου περιορίζονται πλέον από την περιοχή κόρου και αποκοπής. Για να φτάσει ο ενισχυτής σε αποκοπή ( $I_B = 0$ ) βλέπω ότι έχω περιθώριο  $I_B \rightarrow 35mA$ . Άρα έχω περιθώριο  $\pm 35mA$  γύρω από Q. Με βάση τα ανωτέρω έχω:

$$\Delta V_{CE} = 42V - 10V = 32V \rightarrow V_{Omax} = 16V$$

$$\Delta I_C = 2A - 0,4A = 1,6A \rightarrow i_{Omax} = 0,8A$$

Η μέγιστη ισχύς εξόδου είναι:

$$P_{ac} = \frac{V_{Omax}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{i_{Omax}}{\sqrt{2}} = \frac{16V}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,8A}{\sqrt{2}} = 6,4W$$

Η πηγή των  $60V$  παρέχει όλο το DC ρεύμα:

$$I_{DC} = I_B + I_{C(Q)} = 35mA + 1,25mA = 1,285A$$

Συνεπώς η ισχύς DC είναι:

$$P_{DC} = V_{CC} \cdot I_D = 60V \cdot 1.285A = 77W$$

Με βάση τα ανωτέρω ο συντελεστής αποδοτικότητας είναι:

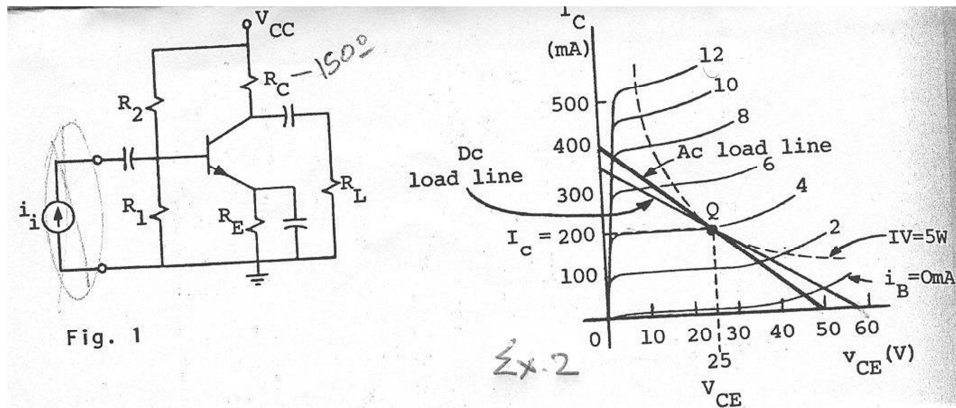
$$n = \frac{P_{ac}}{P_{DC}} = \frac{6,4W}{77W} = 0,083 \rightarrow 8,3\%$$

Η ισχύς που καταναλώνεται διαμέσου του φορτίου:

$$P_{RL} = I_{RL}^2 R_L = (1,25A)^2 \cdot 20\Omega = 31,25W$$

**Άσκηση 2**

Ο ενισχυτής audio που φαίνεται στο Fig.1 περιέχει τρανζίστορ Si, του οποίου οι χαρακτηριστικές παρουσιάζονται στο σχ.2. Ο κατασκευαστής ορίζει για το τρανζίστορ:  $I_{C(max)} = 1A$ ,  $V_{CE(max)} = 50V$ ,  $P_{D(max)} = 5W$  (για θερμοκρασία κελύφους  $25^{\circ}C$ ) και  $\beta_{min} = 30$ . Να υπολογιστούν οι αντιστάσεις του κυκλώματος και η απαιτούμενη τάση τροφοδοσίας ώστε να έχουμε τη μέγιστη ισχύ επί φορτίου  $R_L=750\Omega$  (υποθέστε ότι οι πυκνωτές είναι αρκετά μεγάλης χωρητικότητας). Στη συνέχεια, μετατρέψτε το κύκλωμα προκειμένου να εφαρμόσετε σύζευξη με M/T για μέγιστη ισχύ επί φορτίου  $5\Omega$  και υπολογίστε ισχύ εξόδου και συντελεστή αποδοτικότητας

**ΛΥΣΗ**

Για να επιλέξω το σημείο λειτουργίας βασίζομαι στην δοσμένη υπερβολή μέγιστης κατανάλωσης. Η AC γραμμή φορτίου πρέπει να εφάπτεται στην ανωτέρω υπερβολή των 5W. Αυτό όμως οδηγεί σε ένα πλήθος εφαιπτόμενων με σχεδόν ίδια ισχύ εξόδου. Θεωρώντας ότι η περιοχή υψηλών τάσεων είναι πιο γραμμική από την περιοχή των υψηλών ρευμάτων, επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε όλη την επιτρεπόμενη περιοχή τάσεων και το ρεύμα να περιοριστεί από την μέγιστη κατανάλωση.

$$\text{Έτσι για } V_{CE} = \frac{50V}{2} = 25V \text{ και } I_C = 0.2A \text{ θα έχω } P_C = V_{CE} \cdot I_C = 5W$$

Ενώ το φορτίο ac που αντιστοιχεί θα είναι :

$$R_L' = R_{ac} = \frac{V_{ce}}{I_C} = \frac{25V}{0.2A} = 125\Omega$$

$$R_C = \frac{1}{\frac{1}{R'_L} - \frac{1}{R_L}} = 150\Omega$$

Για τον σχεδιασμό του δικτυώματος πόλωσης, θεωρώ  $V_E = 3V$ , το οποίο μου δίνει για την  $R_E$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \sim \frac{V_E}{I_C} = \frac{3V}{0.2A} = 15\Omega$$

Έτσι, η απαραίτητη τάση τροφοδοτικού θα είναι :

$$V_{CC} = V_E + V_{CE} + I_C R_C = 3V + 25V + 30V = 58V$$

Για ελάττωση της μεταβολής του  $\beta$ , χρησιμοποιώ :

$$R_B = \frac{\beta_{min} R_E}{10} = \frac{30 \cdot 15}{10} \Omega = 45\Omega$$

Για ρεύμα βάσης  $I_B = 4mA$  ( στο Q ) και θεωρώντας  $V_{BE}$  για Si έχω

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E = 0.004A \cdot 45\Omega + 0.7V + 3.06V \approx 4V$$

Λαμβάνω :

$$R_2 = R_B \frac{V_{CC}}{V_{BB}} = 45\Omega \cdot \frac{58V}{4V} = 652\Omega \approx 680\Omega \text{ (τιμή εμπορίου)}$$

$$R_1 = \frac{R_2 R_B}{R_2 - R_B} = \frac{680\Omega \cdot 45\Omega}{680\Omega - 45\Omega} = 48\Omega \approx 47\Omega \text{ (τιμή εμπορίου)}$$

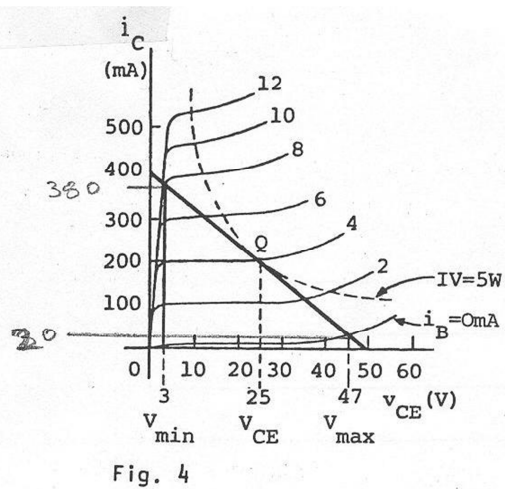
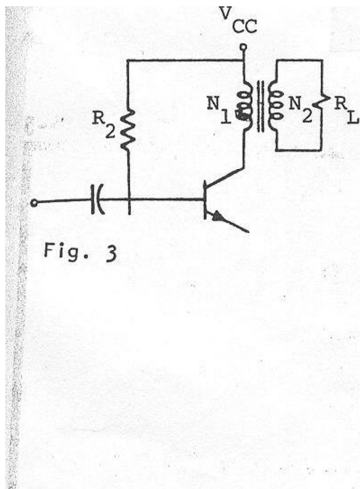
β) Η ζητούμενη μετατροπή φαίνεται στο Fig.3 . Ο M/T πρέπει να προσαρμόζει το φορτίο των  $5\Omega$  στην  $125\Omega$  ευθεία φορτίου. Άρα ο λόγος N :

$$N = \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{R'_L}{R_L}} = \sqrt{\frac{125}{5}} = 5$$

Όμως, τώρα η απαραίτητη τάση τροφοδοσίας θα είναι :

$$V_{CC} = V_{CE} + V_E = 25V + 3V = 28V$$

Φυσικά οι  $R_1$  και  $R_2$  επαναυπολογίζονται.



Για να προσδιορίσουμε την απόδοση του ενισχυτή, έχουμε :

Η ac γραμμή φορτίου στο Fig.4 τέμνει την καμπύλη  $i_B = 8mA$  στο  $v_{min} \approx 3V$  ενώ η  $i_B = 0$  καμπύλη τέμνει στο  $v_{max} \approx 47V$ . Άρα, η μέγιστη απαραμόρφωτη μεταβολή για την τάση, θα είναι :

$$\frac{v_{max} - v_{min}}{2} = \frac{47V - 3V}{2} = 22V \rightarrow v_{0,max} = 22V$$

Με το ίδιο σκεπτικό, υπολογίζουμε  $i_{0,max} = 0.18A$

Άρα, η ζητούμενη ισχύς  $P_{ac}$  θα είναι :

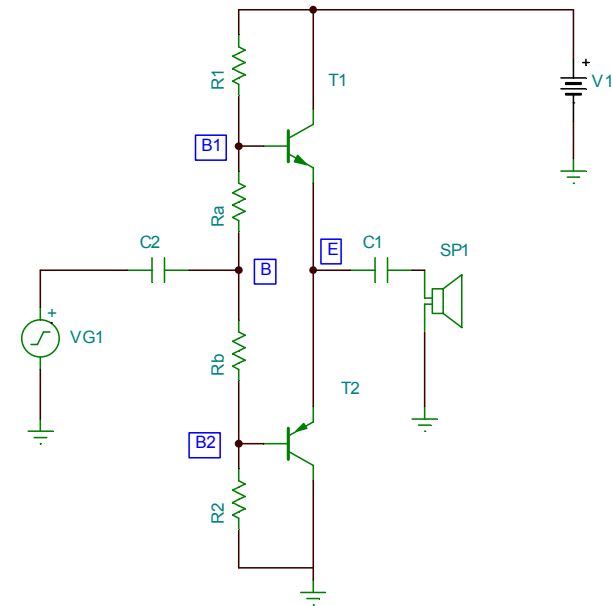
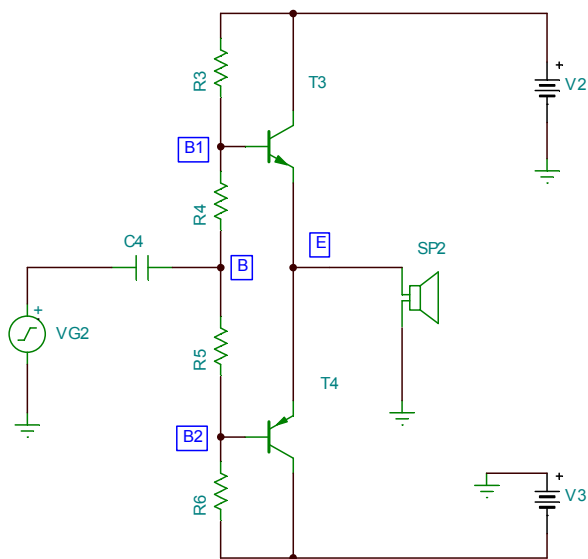
$$P_{ac} = v_{0(rms)} i_{0(rms)} = \frac{v_{0(rms)}}{\sqrt{2}} \frac{i_{0(rms)}}{\sqrt{2}} = \frac{22V}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0.18A}{\sqrt{2}} = 1.98W$$

Έτσι, ο συντελεστής αποδοτικότητας θα είναι

$$n = \frac{P_{ac}}{P_{DC}} = \frac{1.98W}{5W} \approx 0.39 \rightarrow 39\%$$

**Άσκηση 3**

Για το κύκλωμα του σχ.5, αν  $V_1=20V$ ,  $R_1=R_2=470\Omega$  και  $R_a=R_b=30\Omega$ , ποιες είναι οι DC τάσεις στα σημεία B1, B2, B και E (σε σχέση με τη γη) ? να βρεθούν επίσης και οι DC τάσεις μεταξύ των σημείων B1-E και B2-E. Επαναλάβετε και για το κύκλωμα του σχ.6 όπου  $V_2=+10V$  &  $V_3=-10V$ . (Θεωρήστε τρανζίστορ ταιριασμένα σε όλες τις περιπτώσεις)

Σχ.5Σχ.6

**ΛΥΣΗ**

Οι αντιστάσεις R1,R2, Ra & Rb είναι πρακτικά σε σειρά οπότε το ρεύμα διαμέσου των θα είναι

$$I = \frac{V_{CC}}{R1 + R2 + Ra + Rb} = \frac{20V}{1K\Omega} = 20mA$$

Συνεπώς η πτώση τάσης επάνω στη R1 (και ομοίως στην R2) θα είναι

$$V_{R1} = V_{R2} = 470\Omega * 20mA = 9.4V.$$

Αντιστοίχως, η πτώση τάσης επάνω στις Ra & Rb θα είναι

$$V_{Ra} = V_{Rb} = 30\Omega * 20mA = 0.6V.$$

Άρα στο σημείο B1 έχω

$$V_{B1} = V_{CC} - V_{R1} = 20V - 9.6V = 10.4V$$

στο σημείο B έχω

$$V_B = V_{B1} - V_{Ra} = 10.4V - 0.4V = 10V$$

Στο σημείο B2 έχω

$$V_{B2} = V_B - V_{Rb} = 10V - 0.4V = 9.6V$$

Εφόσον τα τρανζίστορ είναι ταιριασμένα στο σημείο E έχω  $V_{CC}/2$  αρα  $V_E=10V$ , απ'όπου καταλήγω ότι  $V_{B1-E}=0.6V$  και  $V_{B2-E}=-0.6V$

Για το κύκλωμα του σχ.6, το ρεύμα και η πτώση τάσης επάνω στις αντιστάσεις παραμένει ίδια με πριν. Οι τάσεις στα σημεία E, B1, B2 και B είναι αριθμητικά ίδιες με πριν συν τα -10V (από τη V3) . Ετσι οι τιμές για το σχ.6 διαμορφώνονται ως εξής

$$V_{B1}=0.6V$$

$$V_B=0V$$

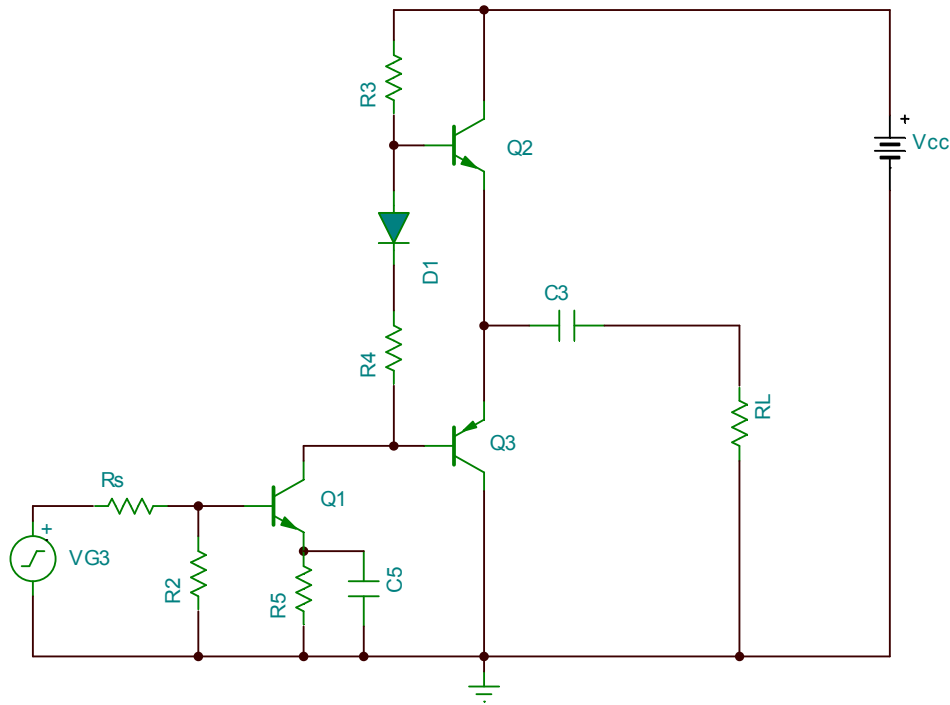
$$V_{B2}=-0.6V$$

$$V_E=0V$$

απ'όπου καταλήγω πάλι ότι  $V_{B1-E}=0.6V$  και  $V_{B2-E}=-0.6V$  (παραμένουν αμετάβλητες)

**Άσκηση 4**

Αν το  $Q_1$  έχει  $I_{C(max)} = 100mA$  και  $P_{d,max} = 600mW$ , ποια είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να μεταφερθεί στο φορτίο αν  $Q_2, Q_3$  έχουν  $h_{FE} = 20$

**Απάντηση**

Αν το μέγιστο ρεύμα ηρεμίας υπάρχει στο συλλέκτη του  $Q_1$ , θα είναι  $100mA$ . Τότε η μέγιστη τάση  $V_{CE,max}$  θα είναι:

$$V_{CE,max} = \frac{P_{d,max}}{I_{c,max}} = 6V$$

Άρα η  $V_{o(peak)}$  δεν μπορεί να υπερβεί τα  $6V$  αφού  $Q_2, Q_3 \rightarrow$  Κοινού Συλλέκτη. Επίσης το ρεύμα που παρέχει το  $Q_1$  στις βάσεις των  $Q_2, Q_3$ , δεν μπορεί να υπερβαίνει τα  $I_{c,max} = 100mA$ . Αυτό σημαίνει ότι το μέγιστο ρεύμα εξόδου στο φορτίο θα είναι:

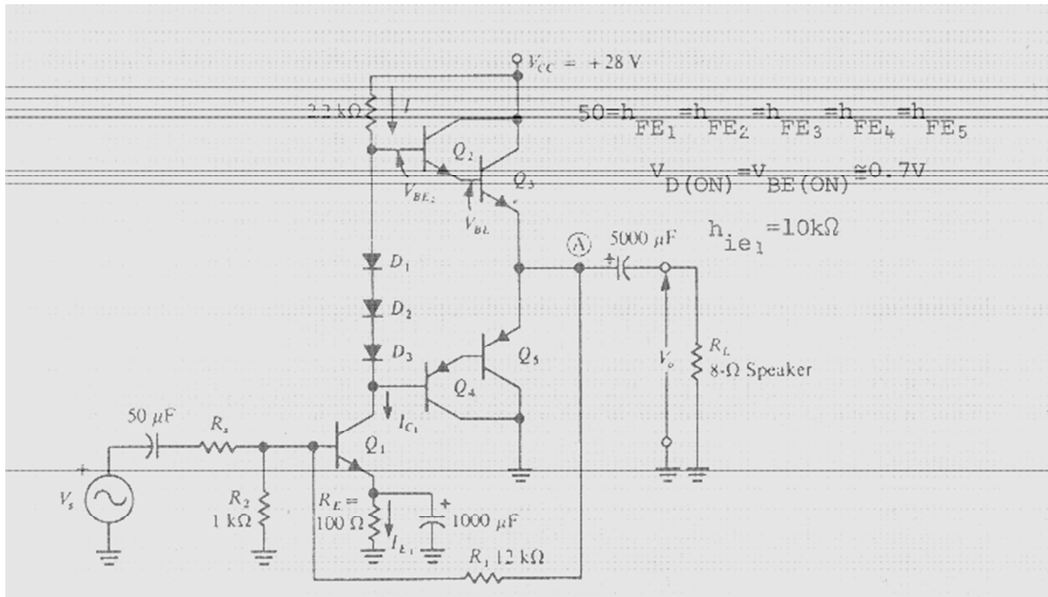
$$I_{o(peak)} = h_{FE} I_B = 20 \cdot 100mA = 2A$$

Η μέγιστη ισχύς εξόδου στο φορτίο  $P_{ac}$ , θα είναι:

$$P_{ac} = i_{o(rms)} \cdot v_{o(rms)} = \frac{I_{o(peak)}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{o(peak)}}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{6}{\sqrt{2}} = 6W$$

**Άσκηση 5**

Για τον ενισχυτή του σχήματος, να βρεθεί το δυναμικό στο σημείο A, και η μέγιστη ισχύς εξόδου στο φορτίο

**Απάντηση**

$$\text{Ισχύει } V_{CC} - I \cdot 2,2K\Omega - V_{BE1} - V_{BE2} - V_A = 0$$

$$\Rightarrow V_A = V_{CC} - I \cdot 2,2K\Omega - V_{BE1} - V_{BE2} \quad (1)$$

Αν  $Q_2$  και  $Q_3$  είναι ορθά πολωμένα, τότε:

$$V_A = 28 - 2,2 \cdot I - 1,4 = 26,6 - 2,2 \cdot I \quad (2)$$

Η τάση στον εκπομπό του  $Q_1$  μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$V_{E1} \approx V_A \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} - V_{BE1} = V_A \cdot \frac{1K\Omega}{12\Omega + 1K\Omega} - 0,7V$$

$$\Rightarrow V_{E1} \approx \frac{V_A - 9,1}{13}$$

Το ρεύμα του εκπομπού του  $Q_1$  είναι:

$$I_{E1} = \frac{V_{E1}}{R_E} = \frac{V_A - 9,1}{13 \cdot 100} = \frac{V_A - 9,1}{1.300}$$

Επειδή  $I_{E1} \approx I_{C1}$  και θεωρώντας ότι τα  $I_{B2}$  και  $I_{B4}$  είναι αμελητέα σε σχέση με το  $I_{C1}$ , θα έχω:

$$I_{E1} \approx I \quad \text{και} \quad I = \frac{V_A - 9,1}{1.300} \quad (3)$$

Εξισώνοντας τις (2), (3) έχουμε:

$$V_A = 26,6 - \frac{2.2(V_A - 9,1)}{1300} \Rightarrow V_A = 15,6V$$

Ιδανικά για να λάβουμε στην έξοδο το μέγιστο απαραμόρφωτο σήμα, η τάση στο A θα πρέπει να είναι  $\frac{V_{CC}}{2} = 14V$

Το ρεύμα πόλωσης I μπορεί να υπολογιστεί από την (3) με χρήση  $V_A = 15,6V$  και θα είναι:

$$I = \frac{15,6 - 9,1}{1300} = 5mA$$

Πριν υπολογίσουμε τη διαθέσιμη ισχύ εξόδου στο φορτίο, ας ανατρέξουμε στους παράγοντες που επηρεάζουν την ισχύ εξόδου:

- Τάση τροφοδοσίας
- Περιορισμοί ισχύος τρανζίστορ
- Συνθήκες πόλωσης
- Στάθμη σήματος εισόδου

Εδώ, επικεντρωνόμαστε στον c) παράγοντα. Έχουμε από πριν ότι  $V_A = 15,6V$ . Η τάση  $V_{CE}$  στα άκρα του  $Q_1$  θα είναι:

$$\begin{aligned} V_{CE1} &= V_A - (V_{BE4} + V_{BE5} + 100 \cdot I) \\ &= 15,6 - (0,7 + 0,7 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot 100) = 13,7V \end{aligned}$$

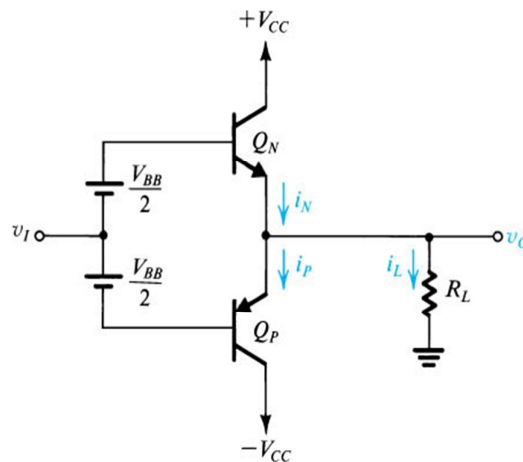
Άρα η μέγιστη απαραμόρφωτη διακύμανση στο  $Q_1$  είναι 13,7V.

Με  $V_{o(peak)} = 13,7V$ , η ισχύς εξόδου,  $P_{ac}$  θα είναι:

$$P_{ac} = \frac{(V_{o(peak)})^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{13,7}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_L} = 11,7W$$

**Άσκηση 6**

Ένα στάδιο εξόδου τάξης AB, όμοιο με το στάδιο εξόδου του παρακάτω κυκλώματος αλλά που χρησιμοποιεί απλό τροφοδοτικό +10V και πολώνεται με  $V_1=6V$ , είναι χωρητικά συζευγμένο με φορτίο  $100\Omega$ . Για τρανζίστορ με  $|V_{BE}|=0.7V$  για  $1mA$  και τάση πόλωσης  $V_{BB}=1,4V$ , ποιο είναι το ρεύμα ηρεμίας που προκύπτει; Για βηματική μεταβολή στην έξοδο από 0 σε  $-1V$ , τι βηματική τάση εισόδου απαιτείται; Υποθέτοντας μηδενικές τάσεις κορεσμού των τρανζίστορ, βρείτε τις μέγιστες θετικές και αρνητικές βηματικές αποκρίσεις στην έξοδο.

**ΛΥΣΗ**

Έχω  $I_Q=1mA$

Για έξοδο  $-1V$  θα έχω

$$i_L = -\frac{1}{100} = -10mA$$

Με χρήση της εξίσωσης:

$$i_N^2 - i_L i_N - I_Q^2 = 0 \quad \text{θα έχω}$$

$$i_N^2 + 10i_N - 1 = 0$$

$$\Rightarrow i_N = 0,1mA \rightarrow i_P = 10,1mA$$

Η τάση  $U_{BBP}$  αυξάνεται κατά

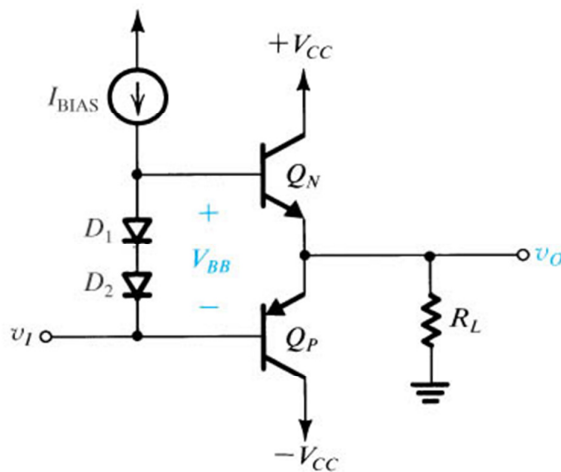
$$V_T \cdot \ln\left(\frac{10,1mA}{1mA}\right) = 0.06V$$

Οπότε η αύξηση στη βηματική τάση εισόδου θα μας δώσει  $-1 + (0.06) = -1.06V$

Η μέγιστη θετική βηματική απόκριση είναι από  $+6V$  στα  $+10V$  άρα  $+4V$  ενώ η μέγιστη αρνητική βηματική απόκριση είναι από  $+6$  στα  $0V$ , άρα  $+6V$ .

Άσκηση 7

Ένα στάδιο εξόδου AB το οποίο χρησιμοποιεί κύκλωμα πόλωσης με δυο διόδους, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, χρησιμοποιεί διόδους οι οποίες έχουν το ίδιο εμβαδό ένωσης με τα τρανζίστορ εξόδου. Για  $V_{CC}=10V$ ,  $I_{bias}=0.5mA$ ,  $R_L=100\Omega$ ,  $\beta_N=50$  και  $|V_{CEsat}|=0V$ , ποιο είναι το ρεύμα ηρεμίας; Ποια είναι τα μέγιστα θετικά και αρνητικά επίπεδα σήματος εξόδου; Ποια τιμή του  $\beta_N$  απαιτείται αν το  $I_{bias}$  δε μεταβάλλεται ώστε να επιτευχθεί μέγιστο θετικό επίπεδο σήματος εξόδου ίσο με το αντίστοιχο αρνητικό; Ποιά τιμή του  $I_{bias}$  απαιτείται αν το  $\beta_N$  παραμένει σταθερό στο 50; Για την παραπάνω τιμή πόσο γίνεται το  $I_Q$ ;

ΛΥΣΗ

$I_Q \approx I_{bias}$  αγνοώντας ρεύμα βάσης  $Q_N$ , αλλιώς

$$I_Q = I_{bias} - \frac{I_Q}{\beta + 1} \Rightarrow I_Q = \frac{I_{bias}}{1 + \frac{1}{\beta + 1}} \approx 0.49mA$$

Η μέγιστη θετική έξοδος λαμβάνεται όταν όλο το  $I_{bias}$  περάσει από τη βάση του  $Q_N$ , με αποτέλεσμα τάση εξόδου

$$v_O = (\beta_N + 1) \cdot I_{bias} \cdot R_L = 51 \cdot 0.5 \cdot 100 = 2.55V$$

Η μέγιστη αρνητική έξοδος περιορίζεται μόνο από τον κόρο του  $Q_P$  δηλαδή είναι  $-10 + V_{CE,sat} = -10V$

Άρα για να πετύχουμε τη μέγιστη θετική έξοδο πρέπει να πάρω +10V. Χωρίς να αλλάξω το  $I_{bias}$  πρέπει το  $\beta_N$  να γίνει

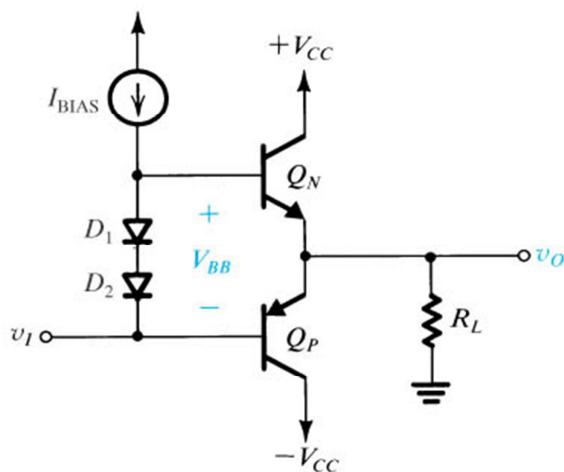
$$v_0 = (\beta'_N + 1) \cdot I_{bias} \cdot R_L \Rightarrow 10V = (\beta'_N + 1) \cdot I_{bias} \cdot R_L \Rightarrow \beta'_N = 199$$

Εναλλακτικά, αν το  $\beta_N$  παραμένει αμετάβλητο και αλλάξω το  $I_{bias}$

$$v_0 = (\beta_N + 1) \cdot I'_{bias} \cdot R_L \Rightarrow I'_{bias} = 1.92mA$$

**Άσκηση 8**

Ένα στάδιο εξόδου τάξης AB το οποίο χρησιμοποιεί κύκλωμα πόλωσης με δύο διόδους, όπως φαίνεται στο σχήμα, χρησιμοποιεί διόδους οι οποίες έχουν το ίδιο εμβαδόν ένωσης με τα τρανζίστορ εξόδου. Σε θερμοκρασία δωματίου περίπου 20°C το ρεύμα ηρεμίας είναι 1mA και η  $|V_{BE}|$  είναι 0.6V. Λόγω κατασκευαστικού σφάλματος, δεν υπάρχει θερμική σύζευξη μεταξύ των τρανζίστορ εξόδου και των συνδεδεμένων ως διόδων τρανζίστορ πόλωσης. Μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας, τα στοιχεία εξόδου θερμαίνονται στους 70°C ενώ τα στοιχεία πόλωσης παραμένουν στους 20°C. Έτσι ενώ η  $V_{BE}$  του κάθε στοιχείου παραμένει αμετάβλητη, το ρεύμα ηρεμίας στα στοιχεία εξόδου αυξάνεται. Για να βρείτε τη νέα τιμή του ρεύματος θυμηθείτε την ύπαρξη δυο φαινομένων: το  $I_S$  αυξάνεται κατά περίπου 14% / °C και η  $V_T=kT/q$  μεταβάλλεται εφόσον  $T=(273^\circ+\text{θερμοκρασία σε } ^\circ\text{C})$ . Μπορείτε να υποθέσετε ότι το  $\beta_N$  παραμένει σχεδόν σταθερό. Η υπόθεση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι το  $\beta$  αυξάνεται με τη θερμοκρασία αλλά μειώνεται με το ρεύμα. Ποια είναι η νέα τιμή του  $I_Q$ ; Τι επιπρόσθετη ισχύς καταναλώνεται αν τα τροφοδοτικά είναι  $\pm 20\text{V}$ ; Αν η θερμοκρασία των τρανζίστορ εξόδου αυξηθεί κατά 10°C για κάθε W επιπρόσθετης κατανάλωσης ισχύος, ποια είναι η επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας και του ρεύματος που προκύπτει;

**ΛΥΣΗ**

Στους 20°C ,

$$I_{Q(20^\circ\text{C})} = 1\text{mA} = I_S \cdot e^{\frac{0.6}{0.025}} \Rightarrow I_{S(20^\circ\text{C})} = 3.78 \cdot 10^{-11}\text{mA}$$

Στους 70°C ,

$$I_{S(70^{\circ}C)} = 3.78 \cdot 10^{-11} \cdot (1.14^{70-20})mA = 2.64 \cdot 10^{-8}mA$$

Αυτό μας δίνει ότι η τάση  $V_T$  στη θερμοκρασία αυτή θα έχει αυξηθεί σε

$$V_T = 25mV \cdot \frac{273 + 70}{273 + 20} = 29.3mV$$

Οπότε στους 70°C, το νέο ρεύμα ηρεμίας θα είναι

$$I_{Q(70^{\circ}C)} = 2.64 \cdot 10^{-11}mA \cdot e^{\frac{0.6}{0.0293}} = 20.7mA$$

Επιπρόσθετο ρεύμα  $\rightarrow 20.7mA - 1mA = 19.7mA$

Επιπρόσθετη ισχύς  $\rightarrow 2 \cdot 20 \cdot 19.7 = 0.788W$

Επιπρόσθετη αύξηση θερμοκρασίας  $\rightarrow 10 \cdot 0.788W \approx 7.9^{\circ}C$

Στους 70+7.9=77.9 °C έχουμε για την  $V_T$

$$V_T = 25mV \cdot \frac{273 + 77.9}{273 + 20} = 29.9mV$$

Οπότε στους 77.9°C, το νέο ρεύμα ηρεμίας θα είναι

$$I_{Q(77.9^{\circ}C)} = 3.78 \cdot 10^{-11}mA \cdot (1.14^{77.9-20}) \cdot e^{\frac{0.6}{0.0299}} = 37.6mA$$

Αυτό θα δημιουργήσει επιπρόσθετο ρεύμα  $\rightarrow$  επιπρόσθετη αύξηση θερμοκρασίας κ.ο.κ

Έχουμε ΔΙΑΡΚΗ ΑΥΞΗΣΗ (ΘΕΡΜΙΚΗ ΦΥΓΗ)